

Demonstrasi Sel Volta Buah Nanas (*Ananas Comosus L. Merr*)

Ulfa Mahfudli Fadli, Budi Legowo, Budi Purnama

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Kentingan Surakarta 57126
Email : bpurnama@mipa.uns.ac.id

Received 16-08-2012, Revised 09-09-2012, Accepted 19-10-2012, Published 29-10-2012

ABSTRACT

When two conductors, namely Cu and Zn are connected via an electrolyte solution forming a circuit of cell voltaic, a potential difference arises as a result of chemical reactions in both electrodes. Because reduction reaction performs at a positive electrode and oxidation reaction occurs at a negative electrode (Zn), electrons flow from Zn to Cu. This research clarifies performance of pineapple (*Ananas comosus L. Merr*) as an electrolyte solution. Cell voltaic design modification is carried out by varying an area of plate electrodes, electrode distance and volume of electrolyte solution. The experimental results showed the voltage is independent on the variables. This is an opportunity to reduce the dimension of the cell voltaic. Observation of cell voltaic performance showed that the current decrease as a polynomial function of time for the filtered or not filtered of electrolyte solution. Finally a resistance value will be defined by an atreatment of electrolyte solution.

Keyword: potential difference, cell voltaic, pineapple, Cu, Zn

ABSTRAK

Ketika dua konduktor yaitu Cu dan Zn terhubung melalui larutan elektrolit membentuk rangkaian sel volta maka beda potensial muncul sebagai akibat reaksi kimia di kedua elektrodanya. Pada elektroda positif (Cu) terjadi reaksi reduksi, sedangkan elektroda negatif (Zn) terjadi reaksi oksidasi, sehingga arus elektron mengalir dari Zn ke Cu. Pada penelitian ini akan dikaji kinerja buah nanas (*Ananas comosus L. Merr*) sebagai larutan elektrolit. Modifikasi desain sel volta dilakukan dengan memvariasi luas lempeng elektroda, jarak elektroda dan volume larutan elektrolit. Hasil eksperimen menunjukkan ketidak bergantungan tegangan terhadap variabel-variabel tersebut. Hal ini membuka peluang untuk memperkecil dimensi sel volta. Pengamatan unjuk kinerja sel volta memperlihatkan penurunan arus secara polinomial sebagai fungsi waktu baik untuk elektrolit yang disaring maupun tidak. Akhirnya, nilai hambatan-dalam sel volta ditentukan oleh perlakuan penyediaan larutan elektrolit.

Kata kunci: beda potensial, sel volta, nanas, Cu, Zn

PENDAHULUAN

Ketika dua buah konduktor yaitu Cu dan Zn, terhubung melalui larutan dengan konsentrasi pembawa muatan positif dan negatif tidak seimbang, maka satu jenis pembawa muatan akan terkumpul pada satu konduktor dan lainnya akan terkumpul pada konduktor lainnya, sehingga di kedua ujung konduktor tersebut terdapat beda potensial. Sistem ini dikenal dengan sel volta (*cell voltaic*). Mengingat di kedua ujung konduktor terjadi reaksi redoks terus menerus, maka pada terjadi pertukaran pembawa muatan dari elektroda ke larutan elektrolit maupun sebaliknya yaitu dari larutan elektrolit ke elektroda, menyebabkan aliran pembawa muatan (arus listrik) pada rangkaian tertutup kedua elektroda tersebut. Dengan kalimat lain gaya gerak listrik dari sel merupakan hasil perubahan energi kimia melalui reaksi redoks^[1]. Dari kenyataan sistem sel volta ini, maka energi listrik yang dihasilkan utamanya bergantung pada jenis larutan dan elektroda baik jenis material maupun modifikasi dimensi elektroda.

Berkenaan dengan larutan elektrolit, baik larutan elektrolit hasil sintesis maupun bahan organik telah banyak digunakan. Khusus untuk bahan organik, ragam sayuran maupun buah-buahan telah berhasil didemonstrasikan dan berperan baik sebagai elektrolit pada sistem sel volta^[2,3,4]. Namun demikian, sebagian besar arus yang dihasilkan dari bahan organik ini sangat kecil yaitu berorde 100-an mikro ampere (μA). Sedangkan tegangan yang dihasilkan bergantung dari pemilihan jenis elektroda yaitu berada pada kisaran 300 mV sampai dengan 900 mV. Salah satu jenis buah yang menghasilkan tegangan cukup tinggi (800 mV) adalah buah nanas^[5].

Pada penelitian ini, sistem sel volta berbahan dasar ekstrak buah nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) dengan elektroda Cu dan Zn akan diinvestigasi. Parameter optimasi sel volta meliputi variasi ekstrak buah nanas yaitu ekstrak yang telah dan tidak disaring. Parameter optimasi lainnya adalah dimensi luasan elektroda dan jarak antara dua elektroda. Akhirnya, ketergantungan arus terhadap waktu yang merupakan eksplisit daya listrik yang dihasilkan menjadi fokus diskusi pada naskah ini.

METODE

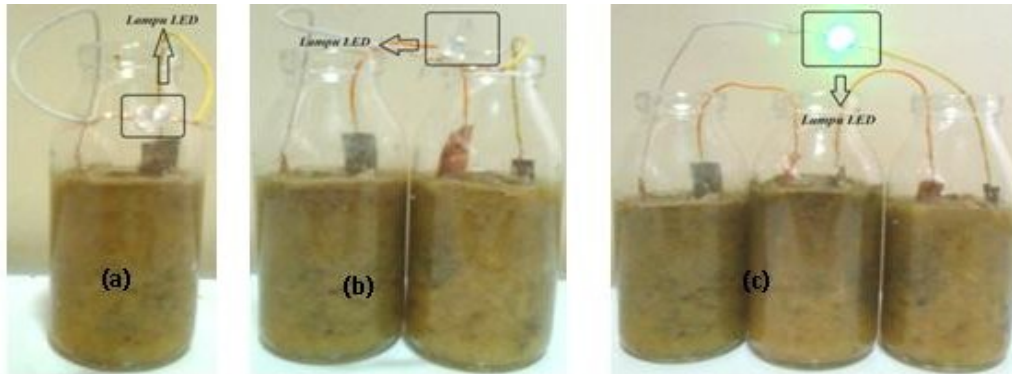
Eksperimen dilakukan menjadi tiga tahap prosedur yaitu (i) penyediaan larutan dan penyiapan elektode sel volta, (ii) optimasi dimensi dan (iii) uji kinerja sel volta sebagai sumber listrik alternatif.

Pada tahap (i), penyediaan larutan diawali dengan mencuci buah nanas hingga bersih dan dilanjutkan dengan membuat ekstraksi buah nanas dengan menggunakan alat blender. Alat blender yang dipakai bukan standard laboratorium, namun standard untuk keperluan rumah tangga. Pencucian dilakukan hanya dengan menggunakan air bersih mengalir tanpa bahan kimia. Sedangkan prosedur penyiapan elektroda sel volta dilakukan dengan memotong tembaga (Cu) teknis dan seng (Zn) yang didapatkan di pasaran. Kemudian elektroda dibersihkan berturut-turut menggunakan aseton, alkohol dan terakhir dibilas dengan aquades.

Langkah selanjutnya (ii) adalah optimasi dimensi sel volta nanas meliputi jarak antar elektroda dan luasan elektroda. Pengujian dilakukan dengan menyambung sebuah LED (sebagai indikator) secara seri dengan sel volta nanas. Kemudian tegangan (V) dan arus (I) yang dihasilkan diamati dengan variabel jarak dan luasan elektroda.

Dan akhirnya langkah (iii) yaitu uji kinerja sel volta utamanya terkait dengan arus (I) yang dihasilkan terhadap waktu. Selain itu juga klarifikasi pengaruh perlakuan larutan elektrolit yaitu elektrolit disaring (tanpa ampas) dan tidak disaring (dengan ampas).

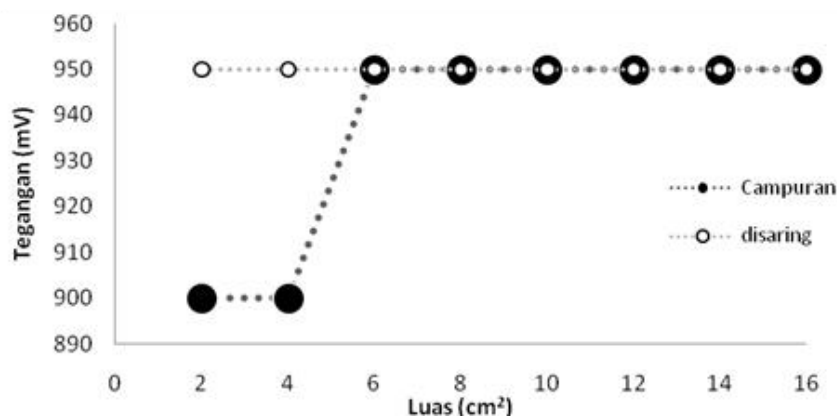
HASIL DAN PEMBAHASAN



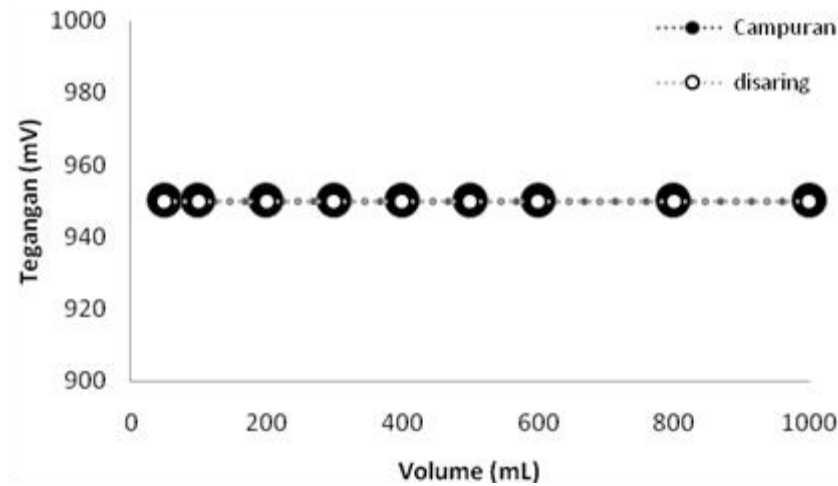
Gambar 1. (color online) Fotografi klarifikasi awal sel volta

Larutan elektrolit yang menjadi objek pada penelitian ini. Ada dua macam larutan elektrolit ekstrak buah nanas, yaitu elektrolit dengan campuran ampas selanjutnya disebut sampel A dan elektrolit tanpa ampas kemudian disebut sampel B. Pengukuran nilai pH didapatkan hasil bahwa untuk elektrolit campuran bernilai 4,34 sedangkan elektrolit disaring bernilai 4,42 sehingga bisa dipastikan bahwa sampel A lebih asam daripada sampel B. Klarifikasi awal unjuk kinerja larutan ekstrak buah nanas sebagai larutan alternatif pengganti elektrolit pada sel volta diilustrasikan Gambar 1. Hasil awal didapatkan bahwa lampu indikator LED dapat menyala ketika sel volta dirangkai secara seri sebanyak 3 buah. Hasil ini telah menyakinkan bahwa sel volta dari elektrolit ekstrak buah nanas berfungsi sebagai bahan elektrolit alternatif pengisi baterai.

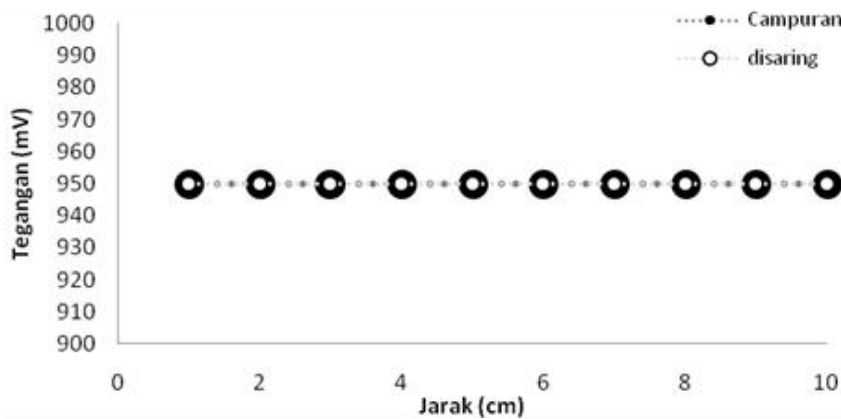
Untuk memperoleh modifikasi tegangan yang dihasilkan dari rangkaian sel volta, maka eksperimen dilakukan dengan memvariasi luas elektroda tercelup dalam elektrolit. Volume elektrolit ditentukan sebesar 100 mL, memakai lempeng seluas 2 cm × 10 cm, sedangkan data diambil setelah 10 menit setelah rangkaian tertutup pada posisi ON. Variasi luasan didapat dengan cara mencelupkan lempeng tembaga dan seng ke dalam elektrolit sedalam 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm dan 8 cm. Dengan memperhatikan panjang dan lebar lempeng, maka akan terlihat luas lempeng yang tercelup mulai dari 2 cm² sampai 16 cm².



Gambar 2. Tegangan sel volta sebagai fungsi kedalaman elektroda tercelup untuk dua variasi elektrolit ekstrak buah nanas (sampel A dan B).



Gambar 3. Grafik tegangan sebagai fungsi volume larutan elektrolit



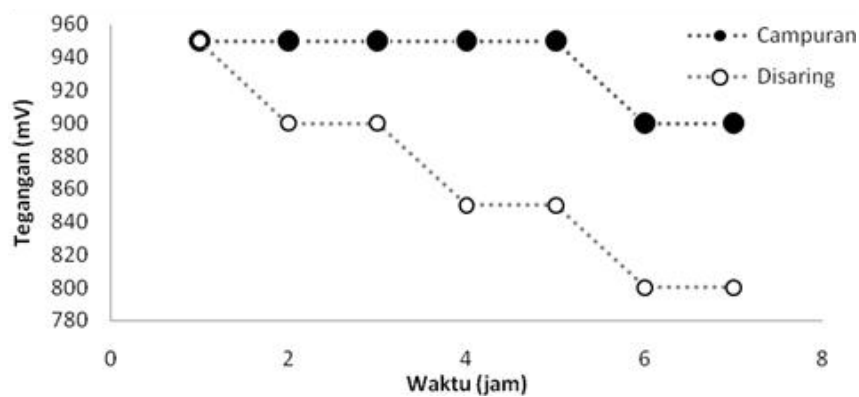
Gambar 4. Grafik tegangan sebagai fungsi jarak elektroda

Dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 2 bahwa perbedaan perlakuan elektrolit mempengaruhi tipikal nilai tegangan yang dihasilkan. Untuk elektrolit sampel A, tegangan meningkat secara signifikan bila luasan elektroda tercelup bertambah. Ketika luasan elektroda lebih kecil atau sama dengan 4 cm^2 , tegangan yang dihasilkan sel volta adalah 900 mV. Dan tegangan berubah menjadi 950 mV, saat elektroda tercelup sama dengan atau lebih besar daripada 6 cm^2 . Artinya terdapat peningkatan tegangan sebesar 5,6%. Sedangkan untuk elektrolit sampel B menunjukkan nilai tegangan yang konstan ketika luasan elektroda tercelup dimodifikasi. Kenyataan ini akan dijelaskan dibagian akhir naskah ini.

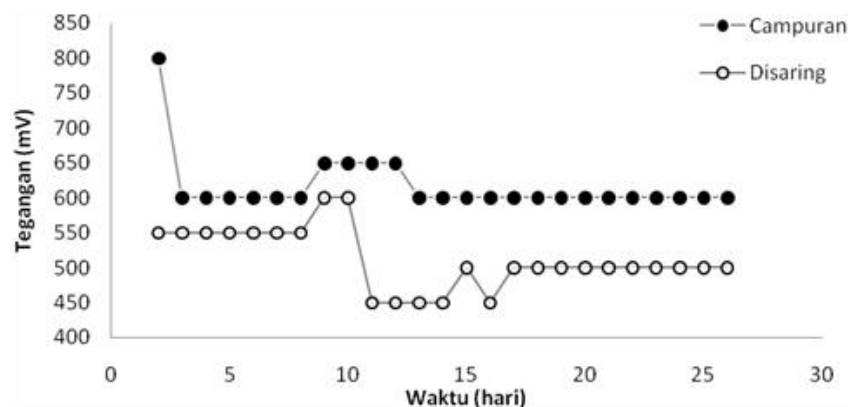
Aspek variabel fisika lainnya guna memperoleh modifikasi tegangan sel volta adalah volume elektrolit. Oleh karena itu, pada tahapan penelitian ini, elektrolit ditinjau sebagai variabel bebas dengan besaran fisis lainnya ditentukan seperti luasan lempeng elektroda $2 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ dengan kedalaman tercelup 4 cm. Seluruh data diambil setelah 10 menit rangkaian posisi ON Variasi volume larutan yang digunakan adalah sebesar 50 mL, 100 mL, 200 mL, 300 mL, 400 mL, 500 mL, 600 mL, 800 mL dan 1000 mL. Data pengamatan eksperimen di plotkan sebagai grafik tegangan versus volume yang ditunjukkan pada Gambar 3. Teramati dengan jelas bahwa tegangan tidak berubah atau konstan dengan perubahan nilai volume elektrolit ekstrak buah nanas baik tanpa (sampel A) maupun melalui penyaringan (sampel B). Hal ini mengindikasikan bahwa ekstrak buah nanas secara alami mengalami proses peruraian ion-ion yang terkandung di dalamnya dan kemudian dilanjutkan dengan proses peng-kutub-an (polarisasi).

Ketidakbergantungan tegangan dengan volume juga menandakan kandungan ion yang sangat tinggi dalam larutan, sehingga proses reduksi oksidasi pada logam akan sama meskipun terjadi perubahan luas lempeng dan volume elektrolit. Dari hasil variasi volume serta luas lempeng di atas maka masih ada kemungkinan untuk memperkecil ukuran luas maupun volume sehingga nantinya akan bisa membuat suatu sel volta yang lebih kecil lagi.

Parameter fisis lain sel volta adalah jarak antar elektroda. Pada penelitian ini elektrolit ditetapkan sebesar 100 mL. Luas lempeng elektroda tembaga dan seng seluas $2 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ dengan lempeng dicelupkan sedalam 8 cm^2 . Seluruh data dicatat setelah 10 menit rangkaian pada posisi ON. Variasi jarak yang dipakai adalah 1 cm, 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm, 8 cm, 9 cm dan 10 cm. Hasil pengamatan ketergantungan tegangan sel volta dengan jarak elektroda katode-anode diperlihatkan pada Gambar 4. Seperti halnya dengan modifikasi volume sebelumnya, tegangan sel volta tidak berubah dengan perubahan jarak dua elektroda, yaitu $V = 950 \text{ mV}$ baik elektrolit sari buah nanas disaring (sampel B) maupun tidak (sampel A). Artinya jumlah muatan yang mengalir menjadi arus dari elektroda berada pada keadaan kesetimbangan meskipun jarak antara dua elektroda divariasi dari 1 cm hingga 10 cm.



Gambar 5. Grafik penurunan tegangan sebagai fungsi waktu (jam)



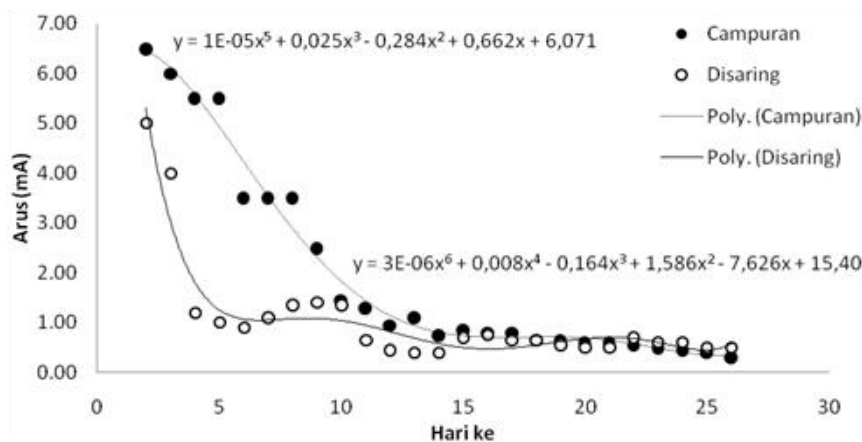
Gambar 6. Grafik uji penurunan tegangan sebagai fungsi waktu (hari)

Setelah uji kinerja desain sel volta di atas, maka karakterisasi pembangkitan listrik ekstrak buah nanas diamati. Hal pertama yang dapat dilakukan adalah penurunan tegangan terhadap waktu seperti Gambar 5. Pada penelitian ini elektrolit ditetapkan sebesar 100 mL dengan lempeng dicelupkan sedalam 8 cm. Sedangkan data diambil untuk setiap interval waktu satu jam setelah rangkaian posisi ON.

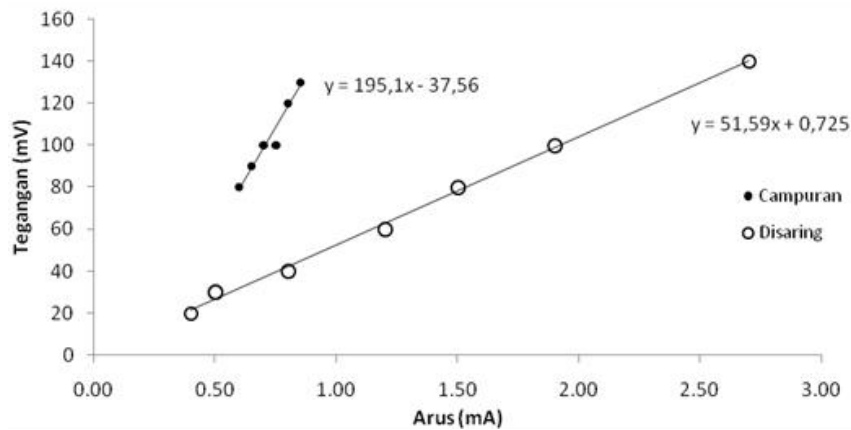
Hasil menunjukkan bahwa untuk ekstrak buah nanas yang tidak disaring (sampel A), tegangan memperlihatkan nilai yang konstan $V = 950$ mV hingga 5 jam pertama. Setelah $t = 6$ jam tegangan memperlihatkan penurunan. Sedangkan untuk ekstrak buah nanas yang telah disaring (sampel B), V memperlihatkan kecenderungan turun dengan waktu. Tegangan mula-mula $V = 950$ mV, namun turun menjadi $V = 800$ mV saat $t = 6$ jam. Pengamatan lebih lanjut kecenderungan penurunan tegangan dengan waktu ditunjukkan pada Gambar 6. Data diambil mulai $t = 1$ hari dan seterusnya.

Teramati dengan jelas bahwa penurunan tegangan secara drastis/tiba-tiba terjadi pada $t = 3$ hari menjadi $V = 600$ mV untuk ekstrak buah nanas tanpa disaring (sampel A). Setelah itu tegangan konstan pada nilai tersebut meskipun ada kenaikan 50 mV pada interval waktu $t = 9$ hari sampai dengan $t = 12$ hari. Tipikal penurunan tegangan juga diamati untuk sari buah nanas setelah disaring (sampel B). Tegangan sudah turun menjadi $V = 550$ mV, pada $t = 2$ hari dan kemudian konstan hingga $t = 8$ hari. Tegangan teramati turun lagi menjadi 450 mV saat $t = 11$ hari dan memperlihatkan adanya fluktuasi. Secara keseluruhan pada larutan disaring (sampel B) mengalami penurunan tegangan yang lebih besar dibandingkan pada larutan campuran (sampel A). Dengan menganggap sistem sel volta hanya dipengaruhi oleh keberadaan ion-ion elektrolit, maka aspek penurunan tenaga listrik yang dihasilkan dapat pula ditampilkan dalam kurva arus (I) sebagai fungsi waktu seperti ditunjukkan Gambar 7.

Tipikal hasil menunjukkan bahwa arus menurun secara drastis polinomial dan kemudian konstan pada nilai tertentu. Untuk ekstrak buah nanas yang tanpa penyaringan (sampel A), mula-mula $I = 6,5$ mA kemudian menurun drastis hingga menjadi kurang lebih $I = 1,0$ mA setelah $t = 11$ hari. Sedangkan ekstrak buah nanas dengan penyaringan (sampel B) memperlihatkan interval penurunan lebih sempit. Mula-mula $I = 5,0$ mA kemudian menurun drastis hingga menjadi kurang lebih $I = 1,0$ mA setelah $t = 5$ hari. Pengamatan untuk waktu selanjutnya memperlihatkan fluktuasi nilai arus dari 0,5 mA hingga 1,0 mA.



Gambar 7. Grafik uji penurunan arus sebagai fungsi waktu (hari)



Gambar 8. Grafik I - V pada pengukuran hambatan dalam sel volta

Satu aspek untuk menjelaskan perbedaan arus yang dihasilkan pada rangkaian tertutup adalah hambatan-dalam sel volta dengan isian elektrolit sampel A dan sampel B. Dengan menganggap sistem sel volta untuk setiap unit memiliki hambatan-dalam seragam maka beberapa sumber dapat dirangkai secara seri serta dihubungkan dengan hambatan luar tertentu $R = 47 \, \Omega$ sehingga fenomena arus mengalir dalam rangkaian tertutup dapat diamati. Pada keadaan ini, penambahan sel volta akan meningkatkan arus rangkaian tertutup.

Hasil plot kurva I - V untuk elektrolit campuran (sampel A) maupun tanpa ampas (sampel B) ditunjukkan pada Gambar 8. Teramati dengan jelas kecenderungan kurva linear dari kedua grafik. Namun kurva linear hasil pengukuran untuk ekstrak buah nanas dengan ampas (sampel A) memiliki gradien lebih besar dibandingkan sari buah nanas tanpa ampas (sampel B). Perhitungan nilai kemiringan kurva linear ini akan menghasilkan hambatan dalam (r) sel volta ekstrak buah nanas dengan (sampel A) dan tanpa ampas (sampel B) pada eksperimen ini yaitu masing-masing sebesar $(148 \pm 3) \, \Omega$ dan $(4,6 \pm 0,8) \, \Omega$. Hasil ini menjadi klarifikasi data pengamatan sebelumnya bahwa tegangan sel volta ekstrak buah nanas dengan ampas (sampel A) lebih besar daripada tegangan sel volta ekstrak buah nanas tanpa ampas (sampel B).

KESIMPULAN

Demonstrasi sel volta buah nanas telah dilakukan dengan menggunakan dua lempeng konduktor yaitu Cu dan Zn terhubung melalui larutan elektrolit. Pada penelitian ini akan dikaji kinerja buah nanas (*Ananas comosus L. Merr*) sebagai larutan elektrolit. Modifikasi desain sel volta dilakukan dengan memvariasi luas lempeng elektroda, jarak elektroda dan volume larutan elektrolit. Hasil eksperimen menunjukkan ketidak bergantungan tegangan terhadap variabel-variabel tersebut. Hal ini membuka peluang untuk memperkecil dimensi sel volta. Pengamatan unjuk kinerja sel volta memperlihatkan penurunan arus secara polinomial sebagai fungsi waktu baik untuk elektrolit yang disaring maupun tidak. Nilai hambatan-dalam larutan elektrolit ditentukan oleh perlakuan penyediaan larutan elektrolit.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 E.H. Landis. 1909. Some of the Laws Concerning Voltaic Cells. *The Journal of the Franklin Institute of the State of Pennsylvania*. Vol. CLXVIII, No. 6, pp. 399-420
- 2 R. Ensman, T.R.Hacker, R.A.D. Wentwork. 1988. Vegetable Voltage and Fruit Juice: An Electrochemical Demonstration, *J. Chem. Ed.*, 65(8), pp. 727 .
- 3 J. Goodisman. 2001. Observations on Lemmon Cells. *J. Chem. Ed.*, 78(4), pp. 516.
- 4 K.R.Muske, C.W.Nigh, R.D. Weinstein. 2007. A Lemon Cells Battery for High-Power Applications. *J. Chem. Ed.*, 84(4), pp. 635.
- 5 V.C. Sharma. A. Sharma. 1992. Voltaic Cell Activities of Tree-Crops and Fruits. *Energy*. Vol. 17, No. 10, pp. 993-995.